Le béton de résine

CRIQ
CENTRE DE RECHERCHE
INDUSTRIELLE DU QUÉBEC
333, rue Franquet
C.P. 9038, Sainte-Foy (QC)
G1V 4C7

Gouvernement du Québec
Ministère de l'Industrie,
du Commerce et du Tourisme
Direction générale de l'industrie
Service des produits du bâtiment
710, Place d'Youville
Québec (QC)
G1R 4Y4

Production: CRIQ

Dépôt Légal 1er trimestre 1984
Bibliothèque nationale du Québec

ISBN: 2-550-10673-3

Imprimé au Québec

Table des matières

Liste des tableaux 7

Liste des figures 9

Avant-propos 11

Bétons polymères 13
Définition 13

Béton de résine 15
Définition 15
Historique 15
Propriétés du béton de résine 16
■ Propriétés physiques et mécaniques 16
Fluage 16
Résistance mécanique 16
Résistance à l'abrasion 16
Imperméabilité — Résistance au gel et au dégel 16
Fini de surface 17
Facilité de moulage 17
Facilité d'entretien et de nettoyage 17
■ Propriétés thermiques 17
Comportement à la chaleur 17
Comportement au feu 17
■ Propriétés chimiques 18
Résistance à la corrosion 18
Fabrication 20
■ Conditions et exigences 20
■ Matières premières 20
Types de résine 20
Agrégats 21
Préparation des mélanges 21
■ Technique générale 21
■ Moulage 21
Moules 21
Compaction 21
Démoulage 21
Béton de résine renforcé 22
■ Fibres courtes 22
■ Barres et tiges 23
■ Mâts et tissus 23

Les utilisations du béton de résine 25
Avantages 25
Inconvénients 25
Domaines d'utilisation 26
Exemples d'utilisation 26
Utilisations en Europe 28
■ Secteur de la construction 28
Panneaux de parement 28

Fabrication des tuyaux 28
Réfection d'autoroutes et de ponts 28
Ponts résistant aux tremblements de terre 29
■ Secteur du mobilier extérieur privé ou public 30
Mobilier urbain 30
Art et restauration 30
■ Secteur des produits industriels 30
Fabrication de bâtis de machine 30
Autres produits 30
Utilisations au Japon 32
■ Les produits préfabriqués 32
■ Les produits fabriqués sur place 32
■ Les puits de service pour canalisation «manhole» 32
■ Nouveaux développements 32
Utilisations aux États-Unis 33
■ Réparation de ponts et chaussées 33
Réparation des trous 33
Revêtement de chaussées 33
■ Produits préfabriqués 33
■ Produits en cours de développement 33
Isolateurs électriques 33
Applications géothermiques 34
Utilisations au Canada 34
■ Panneaux de parement pour édifices publics 35
■ Métro de Montréal 35
■ Mobilier urbain 35
■ Protection électrique 36
■ Utilisation pour les autoroutes 36
Glissières de sécurité et bandes médianes 36
Panneaux de parement 37
Réparation de trous dans la chaussée 37
■ Protection contre l'abrasion et la corrosion des piliers de ponts 37

Béton imprégné de polymère (PIC) 39
Définition 39
Propriétés 39
Utilisations 40
■ Utilisations aux États-Unis 40
Protection des ponts et des structures 40
Produits préfabriqués 40
■ Utilisations au Japon 40
■ Utilisations au Canada 40

Béton additionné de résine (PPCC ou PCC) 41
Définition 41
Propriétés 41
Utilisations 42
■ Utilisations aux États-Unis 42

■ Utilisations au Japon 42
■ Utilisations au Canada 42

Marché potentiel des bétons polymères 43

Sommaire des propriétés comparées des bétons polymères et du béton de ciment 45

Conclusion 47

Liste des tableaux

Tableau 1	Propriétés physiques moyennes des bétons de résine	16
Tableau 2	Résistance en flexion d'un béton polyester en fonction de cycles thermiques à −40°C et à +80°C pendant 12 heures	17
Tableau 3	Résultats de nettoyage du béton de résine enduit de «gel coat»	17
Tableau 4	Propriétés comparées de divers types de béton de résine avec le béton de ciment Portland	18
Tableau 5	Résistance d'un béton polyester après 15 mois passés dans divers milieux	18
Tableau 6	Caractéristiques sommaires des résines	20
Tableau 7	Liste de produits en béton de résine présentés par la compagnie Respecta lors d'une exposition en 1980	26
Tableau 8	Avantages du béton de résine par rapport au béton de ciment pour les produits préfabriqués dans le domaine de la construction	29
Tableau 9	Exemples de projets réalisés par l'entreprise Plastibéton Inc. (Canada)	38
Tableau 10	Propriétés mécaniques types de béton imprégné (béton séché à 105°C pendant une nuit et polymérisé par radiation)	39
Tableau 11	Exemples de marchés potentiels de quelques utilisations des trois types de bétons polymères	43
Tableau 12	Propriétés comparatives des bétons polymères par rapport au béton de ciment	45

Liste des figures

Figure 1	Résistance à l'abrasion et à l'érosion de divers types de béton	16
Figure 2	Variation de la résistance du béton de polyester par rapport à la valeur d'essai à température ambiante	19
Figure 3	Résistance comparée de deux types de béton exposés dans des eaux résiduaires industrielles	19
Figure 4	«Resilience charpy» en fonction de la teneur en fibres (selon ISO: R179)	22
Figure 5	Marches d'escalier imitant le marbre	27
Figure 6	Panneaux de béton de polyester pour édifice public (Sainte-Lo, France)	27
Figure 7	Équipement de salle de bain fabriqué en béton de résine du type marbre synthétique	27
Figure 8	Tabourets dont les faces non apparentes ont été renforcées avec des mâts et des tissus de fibre de verre	27
Figure 9	Séparateur eau/huile coulé d'une pièce	27
Figure 10	Collecteur d'eau de surface en béton polyester avec couvercles et raccords en métal noyés dans la masse	27
Figure 11	Rigoles de drainage	27
Figure 12	Restauration de façade avec fini imitant le béton de ciment	28
Figure 13	Panneaux de béton polyester imbriqués et imitant un fini d'ardoise	28
Figure 14	Panneaux extérieurs avec fini lisse (banque Dresdner à Hambourg)	28
Figure 15	Tuyau en béton de ciment coulé sur un noyau en béton de résine furanique servant au transport des eaux usées d'usines chimiques	29
Figure 16	Collecteurs d'eaux usées	29
Figure 17	Caniveaux d'évacuation d'eau	29
Figure 18	Mobilier de jardin en béton de résine	30
Figure 19	Bac à déchets de rue piétonne (rue du pont Avroy à Liège)	30
Figure 20	Exemples de finis décoratifs en béton de résine	30
Figure 21	Carreaux de sol imitant la pierre	31
Figure 22	Revêtement intérieur ou extérieur aux formes géométriques	31
Figure 23	Bâti de machine	31
Figure 24	Canalisation en béton de résine pour usine de traitement des eaux	31
Figure 25	Base pour transformateur électrique	31
Figure 26	Puits de service («manhole») en béton polyester	32
Figure 27	Représentation schématique du système de construction de tunnels en continu	32
Figure 28	Dessin schématique d'un isolateur à suspension	33
Figure 29	Installation d'un isolateur à haute tension en béton de résine aux États-Unis	34
Figure 30	Panneaux architecturaux plans et courbés, fabriqués par la compagnie Plastibéton Inc.	34
Figure 31	Utilisation de panneaux en béton de résine — Sandwich avec isolant incorporé	35
Figure 32	Bancs et panneaux courbés en béton polyester (Station Plamondon, Métro de Montréal)	35
Figure 33	Grille de ventilation (Station Villa-Maria, Métro de Montréal)	35
Figure 34	Éléments décoratifs en béton polymère (Station Villa-Maria, Métro de Montréal)	36

Figure 35 Panneaux muraux (Station Plamondon, Métro de Montréal) 36
Figure 36 Bac à fleurs en béton fabriqué par la compagnie Francon pour le Bureau de transport de la Communauté urbaine de Montréal 36
Figure 37 Bande centrale en béton de résine (Boulevard Métropolitain, Montréal 1979) 37
Figure 38 Panneaux courbés utilisés sur les surfaces latérales du Boulevard Métropolitain (Montréal 1977) 37
Figure 39 Réparation de piliers de pont aux Îles-de-la-Madeleine, Québec 37

Avant-propos

Le Centre de recherche industrielle du Québec (CRIQ) a réalisé en 1982, pour le compte du Conseil national de recherches du Canada (CNRC), un document synthèse qui fait le point sur l'état de la technologie des bétons polymères et qui en présente les principales réalisations à travers le monde et au Canada.

Cette étude a permis de mettre en lumière un manque de connaissance sur ce que sont les bétons polymères et leurs possibilités d'application. Il est donc apparu opportun d'informer les utilisateurs potentiels sur les caractéristiques étonnantes et les innombrables possibilités d'application des bétons polymères afin de susciter leur intérêt et d'encourager l'usage plus fréquent de ce nouveau type de matériau.

Dans cette perspective et avec l'autorisation du Conseil national de recherches du Canada, le ministère de l'Industrie, du Commerce et du Tourisme du Québec a accepté de parrainer la réalisation d'une version abrégée de l'étude originale afin d'assurer une plus large diffusion de son contenu.

Le lecteur qui désire approfondir davantage le sujet peut obtenir une copie de la version intégrale de l'étude en faisant la demande auprès de l'Institut de génie des matériaux du Conseil national de recherches du Canada à l'aide du bon de commande qui se trouve en annexe.

Bétons polymères

Définition

Les bétons polymères sont des matériaux composites de type polymère/béton. Il existe trois principales catégories:

- Le *béton* ou *mortier de résine*, connu en anglais sous le nom de «*Polymer Concrete*» (PC), produit en mélangeant une *résine* ou un *monomère* avec un *agrégat*.
- Le *béton imprégné de polymère*, connu en anglais sous le nom de «*Polymer Impregnated Concrete*» (PIC), obtenu à partir d'un béton de ciment, qui est ensuite imprégné d'un monomère que l'on fait polymériser dans la masse du béton.
- Le *béton additionné de résine*, connu en anglais sous le nom de «*Polymer Cement Concrete*» (PCC) ou encore de «*Polymer Portland Cement Concrete*» (PPCC), obtenu en ajoutant au mélange de ciment Portland frais, une *résine* ou un *monomère* qui polymérise après la mise en place.

Les propriétés et les applications de ces trois types de bétons polymères sont très différentes. Elles complètent cependant les possibilités techniques des ciments et des plastiques en réunissant certains des avantages de ces deux matériaux.

De ces trois catégories, le *béton de résine* est celui qui offre le plus de possibilités d'applications surtout lorsqu'il s'agit du domaine des produits préfabriqués où il peut concurrencer des matériaux conventionnels aussi divers que l'acier, la céramique, la fonte, le marbre, etc.

C'est pourquoi le présent document traitera essentiellement du BÉTON DE RÉSINE afin de mieux en faire connaître les possibilités.

Béton de résine

Définition

Le *béton de résine* est un matériau principalement composé d'une *résine* de type thermodurcissable (moyenne de 10% en masse) et de *charges minérales* de granulométries diverses.

- Les *résines* qui agissent comme liant sont de nature phénolique, polyester, polyuréthane, époxyde, furanique, etc. Cependant, pour des raisons de coûts, les résines de polyester sont les plus utilisées.
- Les *charges minérales* sont d'origines diverses: silicate, carbonate, sable, poussière de pierre, etc.

Cette définition regroupe sous un même vocable: mortier résineux, béton synthétique, marbre synthétique, marbre reconstitué à la résine et marbre cultivé. Toutefois, l'usage courant a tendance à employer à tort le terme «Béton polymère» à la place de «Béton de résine» par analogie avec l'expression «Polymer Concrete» qui, en anglais, signifie le béton de résine. En fait, l'appellation «Bétons polymères» désigne l'ensemble des trois catégories de composites béton/polymère dont fait partie le béton de résine.

Historique

Les premières recherches sur les bétons de résine remontent au début des années cinquante.

Des pays comme l'Allemagne, la Grande-Bretagne, les États-Unis, l'URSS et le Japon s'intéressèrent à ce matériau et le destinèrent à des développements bien précis où ses caractéristiques mécaniques et esthétiques ainsi que ses qualités de résistance aux agents corrosifs sont exploitées.

Propriétés du béton de résine

■ Propriétés physiques et mécaniques

Fluage

À cause de la nature même des liants, le comportement au fluage du béton de résine est influencé par la température.

À basse température, ce comportement est au moins équivalent sinon supérieur au béton de ciment. Cependant, à une température qui dépasse 30°C, le fluage devient important.

C'est pourquoi le béton de résine n'est pas appelé à remplacer le béton de ciment dans les applications pour des structures portantes.

Résistance mécanique

Les propriétés mécaniques du béton de résine varient légèrement en fonction de la nature, de la composition granulométrique et du degré de compaction des agrégats; elles varient aussi en fonction du pourcentage et du degré de polymérisation de la résine. De façon générale, on peut affirmer que le béton de résine est de 3 à 5 fois plus résistant que le béton de ciment (cf. tableaux 1 et 4).

En conséquence, il est à prévoir que les pièces en béton de résine seront au moins 50% plus légères que les pièces équivalentes en béton de ciment, compte tenu de la réduction possible des épaisseurs des parois et des dimensions.

Résistance à l'abrasion

Le béton de résine possède une meilleure résistance à l'abrasion que le béton de ciment (cf. figure 1). À titre indicatif, on peut citer la valeur de 0,025 cm^3/cm^2 selon la norme DIN 52108 et il y a lieu de signaler que le béton de résine a déjà été utilisé comme revêtement intérieur d'un broyeur à billes.

Imperméabilité — Résistance au gel et au dégel

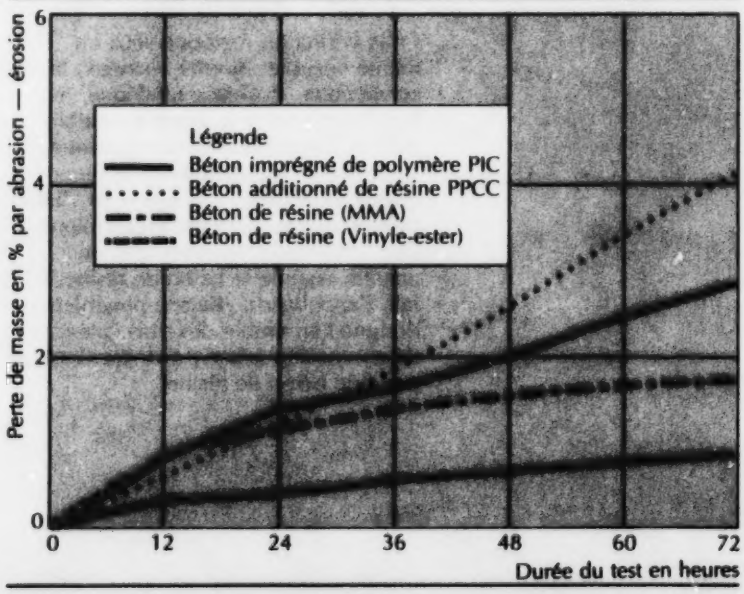
Le béton de résine ne retient pratiquement pas d'eau. Le taux d'absorption est de MOINS DE UN POUR CENT ce qui signifie qu'il ne retient que l'eau qui adhère à sa surface. Cette caractéristique lui garantit une très bonne

Tableau 1
Propriétés physiques moyennes des bétons de résine

Caractéristiques	Valeurs moyennes
Densité[1] kg/dm^3	2 – 2,1
Traction[1]	
Tension de rupture (MPa)	17
Allongement à la rupture (%)	0,5
Flexion[1]	
Tension de rupture (MPa)	30
Flèche à la rupture (mm)	0,5
Module d'élasticité à l'origine (MPa)	15
Compression[1]	
Tension de rupture (MPa)	100
«Résilience Charpy» (sans entaille)[1]: kJ/m^2	1,75
Coefficient de dilatation[1] (mm/mm × °C)	$25 - 30 \cdot 10^{-6}$
Absorption d'eau[1]	0,5% maximum
Conductibilité thermique[2] (W/m · °C)	0,93 – 2,3
Coefficient de fluage[2]	3
Friabilité[2] (selon DIN 521 08: cm^3/cm^2)	.025

Source:
[1] C. Michaux, INIEX, Belgique: «Les bétons de résine, applications dans le domaine de la construction», Symposium: Évolution récente des matériaux de construction; 28-29 avril 1981.
[2] R. Kreis, «Possibilités d'application du béton de résine synthétique»; Export Market, Vogel-Verlag, n° M10/1972.

Figure 1
Résistance à l'abrasion et à l'érosion de divers types de béton



Source:
T.C. Liv, T.B. Husbands, Structure Lab. U.S. Army Eng. Waterway Exp. Station; «Abrasion Erosion Resistance of Polymer Concretes», Polymers in Concrete, Third International Congress, KORIYAMA, Japan, May 13-15, 1981, p. 800-814.

Tableau 2
Résistance en flexion d'un béton de polyester en fonction de cycles thermiques (−40°C à +80°C)

Propriété mécanique	Nombre de cycles 0	5	10	30	50	75
Contrainte de rupture (MPa)	30	30	29	30	29	33
Flèche à la rupture (mm)	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Module à l'origine (MPa)	17	16	15,5	15,5	15,5	17,5

Source:
C. Michaux, INIEX, Belgique: «Les bétons de résine, applications dans le domaine de la construction», Symposium: Évolution récente des matériaux de construction, 28-29 avril 1981.

Tableau 3
Résultats de nettoyage du béton de résine enduit de «gel coat».

Échantillons N°	Nature	Solvants Acétone	Méthanol	Benzène	Chlorure de méthylène
1	Vernis mat bâtiment	+	+ +	+ +	+ + +
2	Vernis brillant teinté	+	+ +	+ +	+ + +
3	Vernis pour métaux	+	+ +	+ +	+ + +
4	Vernis satiné bâtiment	+	0	0	+ + +
5	Émail acrylique d'automobile	+	+	+	+
6	Émail mat bâtiment	0	0	0	0
7	Émail brillant bâtiment	+ +	0	+ + +	+ +
8	Émail satiné bâtiment	+ +	0	+ + +	+ +
9	Émail synthétique d'automobile	+	+ +	+ +	+
10	Peinture tableaux	+ +	+ +	+ + +	+ +
11	Peinture huile	+ +	0	+ + +	+ +
12	Peinture aluminium	+	0	+	+
13	Latex extérieur	+	+	+	+
14	Latex intérieur	enlèvement à l'eau savonneuse			
15	Apprêt PVC	+	+ + +	+	+
16	Apprêt chromate de plomb	+	+ + +	+ +	+
17	Apprêt chromate de zinc	+	+ + +	+ +	+
18	Apprêt neutre pour automobile	+	+ + +	+ + +	+

Signification des symboles:
+ : enlèvement facile, sans altération
+ + : enlèvement après résistance; parfois léger ternissement
+ + + : enlèvement difficile; souvent dépolissage
0 : sans effet

Source:
C. Michaux, INIEX, Belgique: «Les bétons de résine, applications dans le domaine de la construction», Symposium: Évolution récente des matériaux de construction, 28-29 avril 1981.

résistance aux cycles de gel-dégel (cf. tableau 2).

Fini de surface

Le fini de surface, obtenu grâce à l'emploi de moules appropriés, est de qualité supérieure à celle du béton de ciment. Il en résulte une propriété esthétique remarquable et un écoulement plus rapide des eaux et des liquides en surface. La facilité d'écoulement des eaux amène comme principal avantage la possibilité de réduire considérablement le diamètre intérieur des tuyaux lorsqu'ils sont fabriqués en béton de résine.

Facilité de moulage

Le béton de résine convient parfaitement à diverses formes de moulage.

Facilité d'entretien et de nettoyage

Se prêtant facilement au nettoyage même en présence de graffiti (cf. tableau 3), le béton de résine constitue un matériau de choix lorsqu'il s'agit de conserver et d'entretenir à peu de frais les bâtiments ou les aménagements extérieurs exposés à un environnement hostile et polluant.

■ Propriétés thermiques

Comportement à la chaleur

Comme cela a été déjà mentionné, le comportement du béton de résine est influencé par la température en raison de la nature des liants qui sont des résines. Toutefois, le type de résine utilisée peut atténuer l'effet de la chaleur.

influence de la température

Pour une formulation classique à base de résine polyester, la température de distorsion varie entre 80°C et 130°C en fonction du type de résine.

Cependant, pour les applications actuelles où le matériau n'est pas portant, l'influence de la température ne constitue pas un problème.

influence du type de résine

Les études et l'expérience ont démontré que le béton de résine polyester peut résister à des efforts importants pendant une durée prolongée, même à des températures élevées, à condition

Tableau 4
Propriétés comparées de divers types de béton de résine avec le béton de ciment Portland

Propriété	Unité	Type de béton de résine				Béton de ciment Portland
		Polyester	Époxy	PMMA	Polyuréthane	
Densité	10^6 g/m^3	2,0 – 2,4	1,95 – 2,4	2,0 – 2,4	1,9 – 2,1	2,3
Absorption d'eau	%	0,03 – 1,0	0,02 – 1,0	0,05 – 0,6	1,0	7,0
Résistance en compression	MPa	50 – 150	50 – 150	70 – 210	60 – 75	35
Résistance en tension	MPa	8 – 25	8 – 25	9 – 111	8 – 25	2,5
Résistance en flexion	MPa	15 – 45	15 – 50	30 – 35	9 – 27	8
Module d'élasticité	MPa	20 – 40	20 – 40	35 – 40	10 – 20	25
Facteur de Poisson	—	0,16 – 0,30	0,30	0,22 – 0,33	0,30	0,16
Abrasion	cm	0,10 – 0,30	0,10 – 0,30	—	—	—
(disque de friction Boehme)	g	—	—	—	—	130
Adhésion à l'acier (cisaillement)	MPa	4 – 12	5 – 14	—	—	—
Adhésion au béton (cisaillement)	MPa	4 – 5	4 – 6	5	1,5	—
Coefficient d'expansion thermique linéaire	$10^{-6} \cdot K^{-1}$	10 – 30	10 – 35	10 – 19	30	10 – 12
Résistance chimique	—	Bon/ Très bon	Très bon	Très bon	Bon/ Très bon	Laisse à désirer

Source:
L. Czaarneck, Resin Concrete Group, Université de Pologne; «Resin Concrete and Polymer Impregnated Concrete: a comparative study», Polymer in Concrete, Third International Congress, KORIYAMA, Japan: May 13-15, Proceeding: p. 99-110.

d'employer la résine appropriée (cf. figure 2).

Comportement au feu

Le comportement au feu du béton de résine est très satisfaisant. En effet, après exposition à la flamme pendant une heure, le béton de résine conserve 30% à 45% de sa résistance originale, ce qui est une meilleure performance que celle du béton de ciment qui, dans les mêmes conditions, n'en conserve que 16% et présente des fissures.

Fait particulièrement intéressant, l'addition d'agents ignifugeants ou d'hydroxyde d'alumine à la charge améliore à peu de frais son comportement au feu.

■ Propriétés chimiques

Résistance à la corrosion

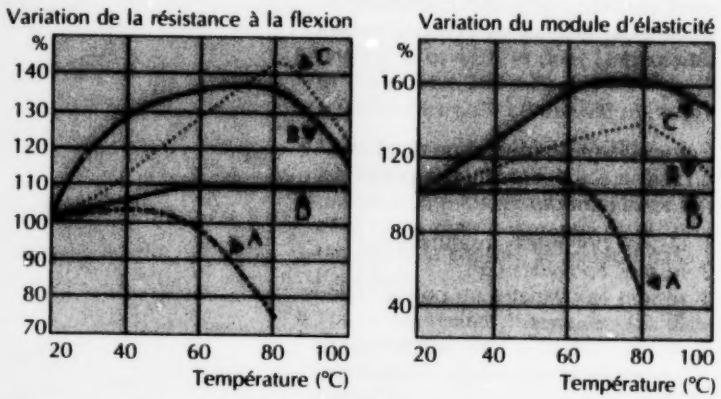
Des essais ont démontré la grande résistance chimique du béton de résine.

À titre d'exemple, on a constaté qu'après un court séjour dans des eaux résiduaires industrielles, le béton de ciment était passablement détruit alors que le béton de résine ne présentait aucun dommage (cf. figure 3).

Tableau 5
Résistance chimique d'un béton polyester après 15 mois passés dans divers milieux.

Produit chimique		Pourcentage de la résistance en compression par rapport à la valeur initiale
Acide chlorhydrique	5%	93
Acide sulfurique	30%	76
Acide nitrique	6%	65
Acide acétique	20%	64
Acide formique	20%	75
Lessive de soude caustique	5%	65
Ammoniaque	5%	87
Soude	10%	76
Alcool éthylique	50%	80
Eau de mer	—	88

Figure 2
Variation de la résistance du béton de polyester par rapport à la valeur d'essai à la température ambiante (100%).



Formulation des résines A, B, C, D		Parties en poids
1 Liants		
A Résine polyester non saturée, type 1110 (selon DIN 16 946)		100
diéthylaniline (à 10%)		1
pâte Bp (à 50%)		3
B Résine polyester non saturée, type 1130		92
styrène		8
diéthylaniline (à 10%)		1
pâte Bp (à 50%)		3
C Résine polyester non saturée, type 1140		92
styrène		8
diéthylaniline (à 10%)		1
pâte Bp (à 50%)		3
D Types de résines polyesters non saturées (types 1140, spécifiquement résistants aux produits chimiques)		
Leguval K 41 (avec accélérateur aux amines incorporé)		45
Leguval W 41		45
styrène		10
pâte Bp (à 50%)		3
2 Granulats		
Gravier quartzeux	7 – 16 mm	35
Sable quartzeux	3 – 6 mm	26
Sable quartzeux	2 – 3 mm	11
Sable quartzeux	1 – 2 mm	9
Sable quartzeux	0,2 – 1 mm	6
Sable quartzeux H 33	0,1 – 0,31 mm	13
3 Durcissement	à 20 – 22°C et 7 jours de conservation à cette température, puis 3 jours	
Conservation:	à 40°C, 60°C, 80°C ou 100°C, avec essai immédiatement après baisse de température	
Jusqu'à l'essai:	dans la zone marginale 1°C – 2°C. Essai sur des prismes de 70 cm × 15 cm × 10 cm	

Source:
W. Klöker. H. Niesel; «Polyesterbeton und Kunststein»
Betonwerk, n° 7, 1974, p. 490-496,
n° 4, 1975, p. 157-160,
n° 5, 1975, p. 252-255.

Figure 3
Résistance comparée de deux types de béton exposés dans des eaux résiduaires industrielles.

Source: Documentation RESPECTA (Allemagne)

Fabrication

■ Conditions et exigences

L'utilisation des bétons de résine est accessible. Cependant, on ne peut assurer son succès que sous certaines conditions:

connaissance approfondie de ses propriétés;
observation de certaines règles pour sa mise en oeuvre.

Une coulée bien polymérisée (bien prise) et qui possède des caractéristiques *optimales* exige:

1 **Un appareillage adéquat**
2 **Un grand soin dans le travail**
3 **Le contrôle d'un certain nombre de paramètres:**
température de travail,
température des matières premières,
degré d'humidité,
***constance* et *stabilité* des caractéristiques des différents composants.**

■ Matières premières

Les matières utilisées pour la fabrication du béton de résine sont principalement de deux sortes: les *résines* qui servent de liants et les *agrégats* servant de charges.

Types de résines

Comme liant pour le béton de résine, on utilise actuellement les groupes de résines *thermodurcissables* suivants:

1 résines polyesters insaturées (UP);
2 résines époxydes (EP);
3 résines isocyanates ou polyuréthanes (PUR);
4 résines méthacrylates (MMA);
5 résines phénoliques et phénol-formol (PF);
6 résines furaniques.

Les résines *polyesters insaturées* sont de loin les plus utilisées actuellement.

Tableau 6
Caractéristiques sommaires des résines

Sorte de résines	Caractéristiques	Utilisation	Avantages	Inconvénients
Polyester non saturées (UP)	• les plus utilisées • commercialisées sous forme de solution (60% à 80% dans monomères polymérisables essentiellement de STYRÈNE	• préfabriqués	• viscosité réduite • durcissement rapide	
Époxydes (EP)		• liants pour mortier • produits de revêtement • peu utilisées pour préfabriqués		
Polyuréthane (pur) ou Isocyanates	• réactivité faible	• liants pour mortier • produits de revêtement • liants pour les chappes • peu utilisées pour préfabriqués		• prix relativement élevé • temps de durcissement long • sensibilité à l'humidité
Méthacrylates (MMA)	• durcissement à froid	• produits de revêtement • liants	• faible viscosité • faible taux de contraction • coefficient d'expansion thermique équivalent au béton hydraulique	• coût plus élevé • point d'éclair assez bas (11°C) rendant usage dangereux
Phénoliques et Phénol-formol (PF) Furaniques	• peu employées	• applications spéciales • construction d'installation chimique		• effet corrosif des durcisseurs (acides)

Conditions optimales d'utilisation des résines

- **Pour chaque catégorie, les résines les plus intéressantes sont celles qui durcissent à des températures se situant entre 0°C et 40°C et dont la viscosité se situe entre 200 mPa.s et 6 000 mPa.s (200 cP et 6 000 cP).**
- **La résistance du béton de résine est fonction de la charge. Il n'y a donc pas avantage à utiliser des résines à coût élevé pour augmenter la résistance car la rupture se produit dans l'agrégat.**
- **Toutes les résines thermodurcissables produisent au cours du durcissement une réaction exothermique dont l'ampleur augmente avec le degré de réactivité et de réticulation de la résine.**

Les résines à forte réticulation confèrent au béton un module d'élasticité plus élevé et une meilleure résistance à la déformation par la chaleur.

- **La résine doit enrober chaque particule de charge et d'agrégat; l'utilisation d'une résine à BASSE VISCOSITÉ est donc conseillée.**
- **Le pourcentage (en masse) de résine utilisée est d'environ 10%.**
- **Des temps de prise («curing») de quelques minutes sont possibles grâce à un mélange approprié de résine et de réactif.**

Agrégats

Les agrégats les plus utilisés sont: le gravier, la silice, le sable, la pierre broyée, l'argile, le verre expansé, etc.

Pour des raisons de coût, il est nécessaire d'obtenir une densité optimale d'agrégats avec un volume minimum de vides; ceux-ci devront être remplis avec la matrice, c'est-à-dire la résine et des particules très fines.

■ Préparation des mélanges

Technique générale

Les agrégats et les résines (et les couleurs au besoin) sont introduits, dans des rapports soigneusement prédéterminés, dans des mélangeurs horizontaux à lames comme ceux qu'on utilise habituellement pour la préparation du béton de ciment ou dans des équipements de mélange en continu. Il en sort un mélange visqueux qui est ensuite coulé dans un moule en vibration pour assurer une compaction adéquate.

Trois techniques de préparation sont considérées: la *fabrication en continu*, la *fabrication discontinue* et le *«prepackaged method»*.

La *fabrication en continu* est utilisée pour la production en grandes séries. L'emploi d'un équipement automatique la rend encore plus économique.

La *fabrication discontinue* s'applique surtout pour le cas de fabrication de petites séries, pour des éléments massifs utilisant des charges de granulométrie importante ou pour du béton coulé sur place.

Le *«prepackaged method»* est particulièrement employé lorsque le béton de résine doit être coulé sur le site même ou pour la réparation des chaussées.

■ Moulage

À la sortie du mélangeur, le béton de résine est coulé directement dans le moule.

Moules

Choisi en fonction du produit à fabriquer, le moule peut être fait de différents matériaux: bois, acier inoxydable, plastique renforcé de fibre de verre, silicone, polyéthylène, téflon.

Une surface très polie permet d'obtenir un fini brillant ce qui constitue un aspect particulièrement important dans le cas des appareils sanitaires.

Compaction

La plupart des pièces sont compactées sur une table vibrante. La fréquence de vibration dépend de la forme et de la masse des pièces.

Démoulage

Les pièces moulées sans noyau peuvent être démoulées sans aucune difficulté dès le début du retrait, avant la polymérisation complète.

Dans le cas contraire, les noyaux des moules doivent être retirés avant que le béton ne rétrécisse fortement.

Dans la plupart des cas, avant l'expédition, un séjour d'une journée à l'entrepôt après le démoulage suffit.

Pour les panneaux de parement, ceux-ci doivent être entreposés sur une surface droite et plane jusqu'à refroidissement complet pour éviter toute déformation.

Béton de résine renforcé

Les propriétés des bétons de résine non renforcés, notamment leur résistance mécanique, sont suffisantes pour leur permettre de se prêter à des utilisations soumises accidentellement ou périodiquement à des chocs et à des impacts (dallage, bordure de routes...). Cependant, afin d'améliorer encore davantage ces propriétés, divers essais de renforcement ont été effectués avec des fibres de verre et des fibres métalliques.

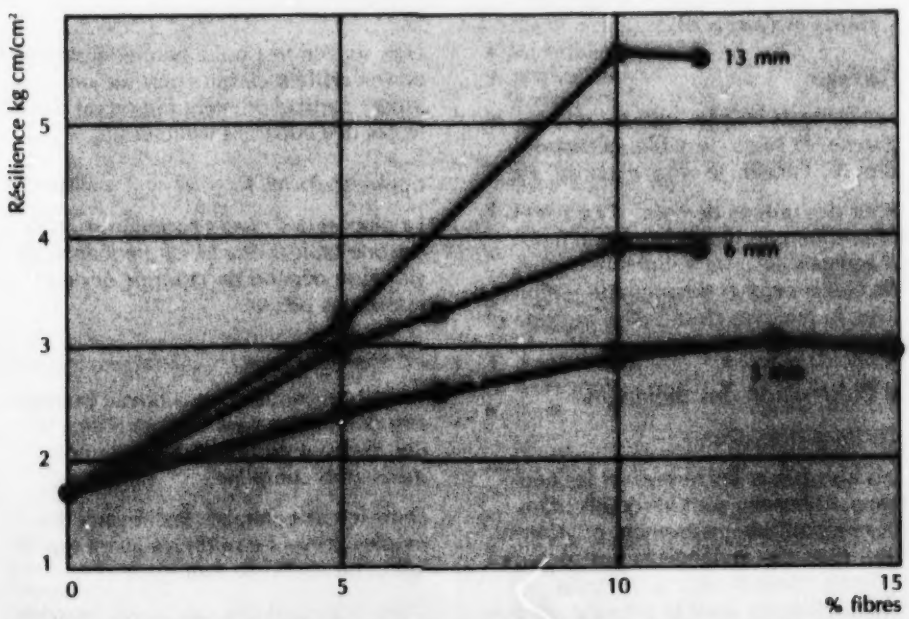
Les renforcements à base de fibres de verre sont de trois types: fibres courtes, barres et tiges, mats et tissus.

■ Fibres courtes

Le renforcement avec des fibres de verre courtes augmente la résilience du béton de résine. Toutefois, une proportion de 10% de fibres (calculée par rapport à la quantité de résine utilisée) constitue un optimum qu'il ne serait pas rentable de dépasser.

Le remplacement des fibres de verre par des fibres courtes en acier permet d'augmenter encore plus les propriétés mécaniques du béton de résine.

Figure 4
«Résilience Charpy» en fonction de la teneur en fibres (selon ISO: R 179)



Source: C. Michaux, Derniers développements dans le domaine des bétons de résine, annales des mines de Belgique, novembre 1980, p. 1051-1065.

■ **Barres et tiges**

Lorsqu'il est souhaitable d'augmenter la résistance du béton de résine, l'insertion de barres et de tiges est possible. Cette insertion peut se faire de deux façons:

à *faible profondeur*, à quelques millimètres de la surface. Ceci est rendu possible à cause de l'imperméabilité du béton de résine qui assure aux insertions métalliques une protection contre la corrosion. Il est cependant préférable de remplacer ces insertions métalliques par des équivalents à base de verre.

noyée dans la masse, comme renforts et raidisseurs pour des pièces de portée importante.

L'amélioration des caractéristiques déjà supérieures du béton de résine par l'insertion de barres et de tiges permet d'alléger les éléments coulés soit en diminuant leur épaisseur soit en les évidant tout en conservant leurs dimensions.

■ Mâts et tissus

L'utilisation de mâts et de tissus permet d'augmenter la résistance à la flexion et d'éviter que la pièce ne se rompe en de nombreux morceaux lors de fissurations accidentelles. Le plus fréquemment, ils servent au renforcement d'une des faces extérieures du produit fini en fin de coulée.

Les propriétés mécaniques obtenues après renforcement sont excellentes. Ainsi, la contrainte de rupture d'un panneau décoratif de quelques millimètres d'épaisseur a presque TRIPLÉ, passant de 29,4 mPa à 83 mPa, grâce au renforcement de l'une de ses faces par un mât de verre (450 g/m^2).

Les utilisations du béton de résine

Avantages

Le béton de résine est un produit nouveau offrant des possibilités accrues. Il peut concurrencer divers matériaux tels que l'acier, l'aluminium, le bois, le marbre, le granit, les plastiques renforcés, etc.

- **grande résistance mécanique;**
- **résistance exceptionnelle aux produits chimiques;**
- **imperméabilité à l'eau;**
- **durcissement rapide;**
- **résistance aux intempéries, aux cycles de gel-dégel et aux agents corrosifs de l'air;**
- **facilité d'obtention de formes et de couleurs;**
- **fini facile d'entretien.**

Inconvénients

À cause de son fluage élevé lorsque la température dépasse environ 30°C, le béton de résine ne convient pas à l'heure actuelle aux applications structurales.

À prime abord, son coût plus élevé que le béton de ciment peut constituer un frein à son utilisation. Cependant, à cause de sa résistance mécanique remarquable, les diminutions de masse et de dimensions des pièces fabriquées qui peuvent en résulter, conjuguées avec l'accroissement de leur durabilité, permettent d'envisager, au profit des utilisateurs, une double économie: d'abord, sur le coût des structures qui auront à soutenir ces éléments passablement allégés et ensuite, sur le coût d'entretien, de réparation et de remplacement dont la fréquence sera notablement réduite.

De plus, parce que le temps de prise est court, la rapidité de démoulage ajoutée à l'abrégement du temps d'entreposage permettent d'envisager, au profit des fabricants, d'autres économies reliées d'une part, à la diminution du nombre de moules et de la surface des entrepôts et d'autre part, à la réduction du coût des inventaires.

Domaines d'utilisation

Les domaines d'utilisation de ce nouveau matériau sont déjà très diversifiés. Parmi ceux qui retiennent l'attention, il convient de signaler les suivants:

Secteur de la construction (fig. 5 et 6)

Secteur des produits sanitaires (fig. 7)

Secteur du mobilier extérieur, privé ou public (fig. 8)

Secteur des produits industriels (fig. 9, 10 et 11)

Exemples d'utilisation

Tableau 7
Liste de produits en béton de résine présentés par la compagnie Respecta lors d'une exposition en 1980

1 Plaque de couverture
2 Réservoir de sédimentation
3 Tuyau d'égout
4 Revêtement de mur extérieur
5 Bande médiane d'autoroute (USA)
6 Rigole en U pour l'écoulement de l'eau
7 Baignoire
8 Revêtement de bain industriel
9 Séparateur d'huile et eau
10 Bidet
11 Récipient pour les fleurs
12 Plaque de patio
13 Réservoir de décantation
14 Revêtement de plancher pour:
station d'essence
usine de sucre
laiterie
usine utilisant l'acide chromique
15 Élément de construction de ponts (renforcé de tiges de FRP)
16 Revêtement de chaussée de ponts
17 Tuyau pour puits
18 Canalisation semi-circulaire pour eaux usées d'usines chimiques
19 Élément de construction pour l'électrolyse du chlore, du zinc
20 Tuile de décoration
21 Réservoir pour enfouir dans le sol
22 Plaque de revêtement de chaussée avec fibre d'acier incorporée
23 Élément de façade pour bâtiment
24 Rebord de fenêtre
25 Cadre
26 Plaque de filtration
27 Élément de toit plat
28 Tambour pour convoyeur
29 Auges d'alimentation d'animaux
30 Contrepoids pour:
machine à laver,
ascenseur, etc.
31 Coffre-fort
32 Bornes géodésiques
33 Plaque de chauffage avec élément incorporé dans la masse
34 Isolateur électrique
35 Tambour pour câbles
36 Fenêtre de sous-sol
37 Revêtement acoustique de compresseur
38 Granite, marbre, onyx, amiante, schiste synthétiques
39 Système de protection contre le bruit
40 Système d'égouttement de terrains d'aviation
41 Base de machinerie
42 Côtés de machinerie avec surface de roulement
43 Réservoir de minéraux pour installations portuaires
44 Poubelle pour édifices publics ou commerciaux
45 Élément cellulaire d'humidification
46 Séparateur d'huile
47 Tunnel d'observation
48 Tuyaux de diverses grandeurs
49 Revêtement de tuyaux
50 Boîte pour stores vénitiens
51 Réservoir d'entreposage pour les acides
52 Tuyaux sandwichs en FRP et béton de résine
53 Revêtement de façade imitant le schiste
54 Élément pour retenir la boue
55 Matériel de polissage
56 Élément pour chauffage solaire
57 Équipement pour les étables
58 Collecteur d'eau pluviale pour rues
59 Panneaux de signalisation
60 Boîte de raccords électriques
61 Dessus de table
62 Dessus de table de tennis
63 Base pour transformateur électrique
64 Marche d'escalier
65 Fondation pour coffres-forts
66 Cadrage pour portes et fenêtres
67 Poignée de porte
68 Canaux pour usine d'épuration d'eau
69 Fondation pour des installations de pesées
70 Bâtis pour compteurs (eau, gaz, . . .)

Source:
Documentation Respecta (Allemagne)

Figure 5
Marches d'escalier imitant le marbre.

Source: Documentation RESPECTA (Allemagne)

Figure 6
Panneaux de béton de polyester pour édifice public (Sainte-Lo, France).

Source: Documentation SAFAMA ET CIE (France)

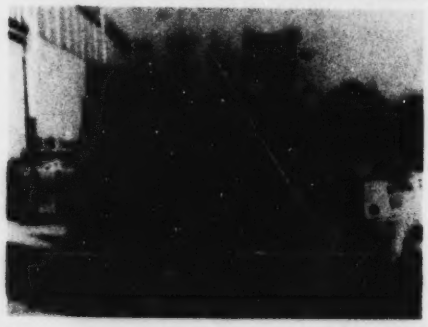
Figure 7
Équipement de salle de bain fabriqué en béton de résine du type marbre synthétique (baignoire, base de douche, lavabo, bol de toilette, bidet, panneaux muraux).

Source: Documentation RESPECTA (Allemagne)

Figure 8
Tabourets dont les faces non apparentes ont été renforcées avec des mats et des tissus de fibre de verre

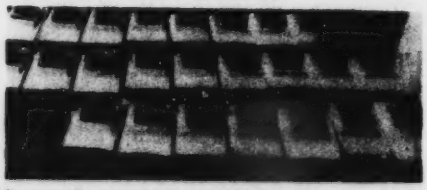
Source: J. Bricteux et C. Michaux, INIEX, Belgique; «Amélioration des caractéristiques des bétons de résine par incorporation de fibres de verre.»

Figure 9
Séparateur eau/huile coulé d'une pièce (masse 1 300/kg; débit 7 litres/seconde)



Source: Documentation WEEGELS B.V. (Pays-Bas)

Figure 10
Collecteur d'eau de surface en béton de polyester avec couvercles et raccords en métal noyés dans la masse.



Source: Documentation WEEGELS B.V. (Pays-Bas)

Figure 11
Rigoles de drainage.

Source: Documentation RESPECTA (Allemagne)

Utilisations en Europe

Une des particularités des applications du béton de résine en Europe réside dans la diversité des produits fabriqués comme en témoigne la liste rapportée par la compagnie allemande RESPECTA (tableau 7), une des plus connues pour ses équipements de fabrication en continu de béton de résine.

Au cours des vingt dernières années, des développements ont été réalisés dans divers secteurs dont les principaux sont: le secteur de la construction et le secteur des produits industriels.

Les exemples qui suivent témoignent de l'importance des réalisations dans ces différents secteurs.

■ Secteur de la construction

Panneaux de parement

Les éléments de façade autoportants en béton de résine représentent probablement la principale utilisation dans le secteur de la construction.

Des systèmes de fixation simples mais bien adaptés, autorisant une liberté de dilatation suffisante, ont été utilisés avec succès. Ils sont attachés au panneau par vissage, par «clipsage» ou par insertion.

La présence d'insertions métalliques ne pose pas de problème de déformation, ni d'arrachement même dans le cas de panneau de faible épaisseur.

Avantages d'un panneau de parement en béton de résine par rapport à son équivalent en béton de ciment:

- **réduction de poids;**
- **économie dans la structure portante;**
- **résistance accrue aux intempéries et au gel-dégel;**
- **résistance à la salissure;**
- **facilité de nettoyage par la pluie.**

Fabrication des tuyaux

Depuis 1961, on fabrique en série des tuyaux en béton de résine pour l'évacuation des eaux usées. À l'usage, ces tuyaux se sont révélés très résistants aux substances corrosives chimiques.

Réfection d'autoroutes et de ponts

Le mortier à base de polyester et de méthacrylate est utilisé en République fédérale allemande pour la réfection des autoroutes et pour la réparation des ponts.

L'emploi de ce mortier présente de grands avantages. À l'accroissement de sa résistance physique, mécanique et chimique s'ajoute un temps de durcissement rapide et ajustable, ce qui permet de réduire au minimum le temps d'interruption de la circulation.

Figure 12
Restauration de façade avec fini imitant le béton de ciment

Source: Documentation PANELCRAFT B.V. (Pays-Bas)

Figure 13
Panneaux de béton de polyester imbriqués et imitant un fini d'ardoise.

Source: Documentation SAFAMA ET CIE (France)

Figure 14
Panneaux extérieurs avec fini lisse (Banque Dresdner à Hambourg).

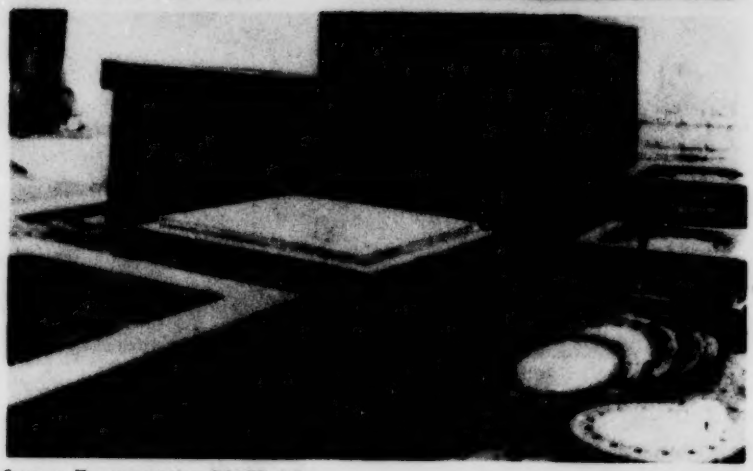
Source: Documentation PANELCRAFT B.V. (Pays-Bas)

Figure 15
Tuyau en béton de ciment coulé sur un noyau en béton de résine furanique servant au transport des eaux usées d'usines chimiques (eaux acides ou alcalines).

Ponts résistant aux tremblements de terre

Le béton de résine constitue un bon matériau pour les supports de ponts à cause de sa haute résistance en compression et à cause de son coefficient élevé d'absorption des vibrations. Un premier pont d'autoroute à l'épreuve des tremblements de terre a été construit en Allemagne.

Figure 16
Collecteurs d'eaux usées.



Source: Documentation BAYER AG

Figure 17
Caniveaux d'évacuation d'eau.

Source: Documentation BWM BETONWERKE MUNDERKINGEN GMBH, MUNDERKIGEN, ALLEMAGNE

Tableau 8
Avantages du béton de résine par rapport au béton de ciment pour des produits préfabriqués dans le domaine de la construction.

Facteur	Résultat en faveur du béton de résine synthétique	Motif
Économie de matériau	50 à 65% de vol.	Épaisseurs de parois réduites, par suite de résistances beaucoup plus grandes; dimensions plus faibles (diamètres inférieurs obtenus grâce à une meilleure qualité superficielle)
Gain de poids	50 à 65%	Obtenu grâce à une économie de matériau (densité grâce à une forte quote-part de matériau de remplissage, comparable à peu près au béton de ciment)
Moins de moules et d'espaces d'entreposage pour les pièces finies	30 à 40% suivant la mécanisation de la production	Démoulage déjà au bout de 4 à 5 minutes; pièces finies pouvant être transportées déjà au bout de 1 à 2 heures
Économie de frais de manutention	20 à 30%	Par suite des poids plus faibles et des dimensions réduites
Réduction des frais de transport (vers le chantier)	20 à 30%	Par suite du poids unitaire plus faible, espace de chargement plus petit, simplification des travaux de chargement
Réduction de la durée de construction et des frais de construction	jusqu'à 80%	Dans beaucoup de cas, par suite de la suppression ou de la sin plification des fondations, de la suppression des couches de peinture d'isolation; grande précision des cotes; manipulation plus simple (dans la plupart des cas, sans matériel auxiliaire)

Source:
Compagnie Respecta, Dusseldorf, Allemagne.

■ Secteur du mobilier extérieur privé ou public

Mobilier urbain

Le béton de résine se prête bien à la fabrication de composants pour l'aménagement urbain: bancs publics, bacs à papier, boîtes aux lettres, dallage de trottoirs, piquets d'entraves, bacs à fleurs, tables, etc.

Art et restauration

Le monde des arts et les spécialistes de la restauration sont très intéressés par les possibilités de forme et d'aspect qu'offre le béton de résine.

■ Secteur des produits industriels

Fabrication de bâtis de machine

Le béton de résine convient à ce genre d'application à cause de sa facilité de moulage, de sa résistance élevée aux contraintes de compression et de flexion-traction et notamment à cause de sa très grande propriété d'amortissement des vibrations.

Une technique nouvelle mise au point par des fabricants suisses et allemands permet de couler en série des bâtis pesant plusieurs tonnes.

Autres produits

Parmi des produits industriels en béton de résine qui se signalent par leur résistance à la corrosion, on peut citer:

les cuves d'électrolyse;
les cuves pour produits chimiques;
les canalisations pour usine de traitement des eaux;
les socles pour postes de transformateurs.

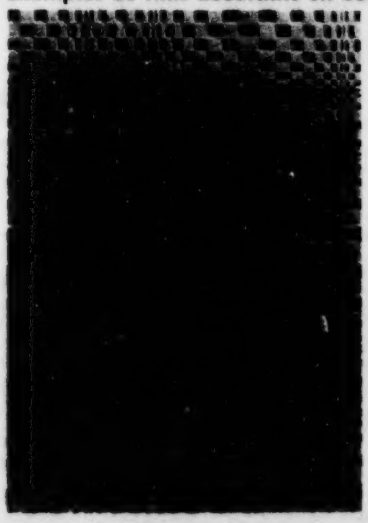
Figure 19
Bac à déchets et pavage de rue piétonne (rue du Pont Avroy à Liège).

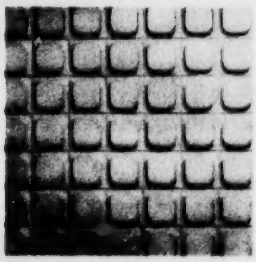
Source: Documentation INIEX (Belgique)

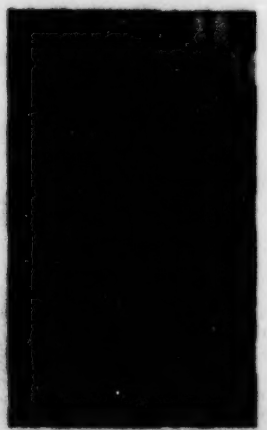
Figure 18
Mobilier de jardin en béton de résine

Source: Documentation INIEX (Belgique)

Figure 20
Exemples de finis décoratifs en béton de résine.







Source: Documentation SAFAMA ET CIE (France)

Figure 21
Carreaux de sol imitant la pierre (pour l'intérieur et l'extérieur)

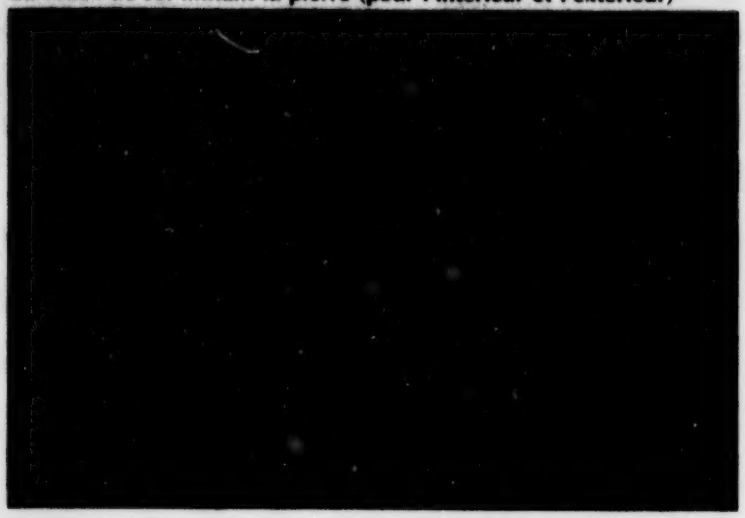
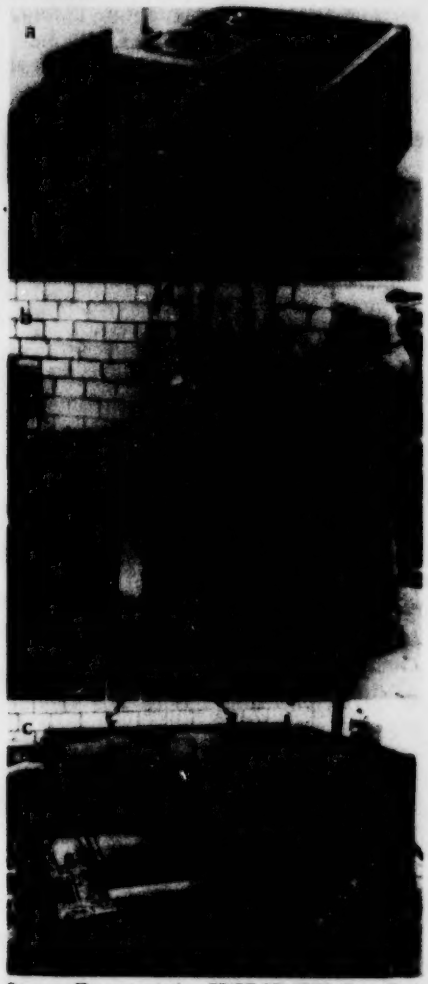


Figure 22
Revêtement intérieur ou extérieur aux formes géométriques.

Source: Documentation SAFAMA ET CIE (France)

Figure 23
Bâti de machine: a) démoulé; b) en cours de démoulage; c) vue partielle du moule.

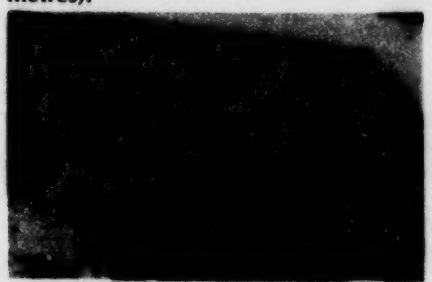


Source: Documentation FRITZ STUDER (Pays-Bas)

Figure 24
Canalisation en béton de résine pour usine de traitement des eaux.

Source: Documentation WEEGELS B.V. (Pays-Bas)

Figure 25
Base pour transformateur électrique (capacité: 3 tonnes; dimension: 3 × 2 × 2 mètres).



Source: Documentation WEEGELS B.V. (Pays-Bas)

Utilisations au Japon

Au Japon, les utilisations les plus importantes semblent se trouver dans le secteur de la construction et de la fourniture de services électriques, téléphoniques et d'égouts.

Les produits les plus importants en termes de volume de production sont:

■ Les produits préfabriqués

Les segments de tunnels pour câbles téléphoniques, les tuyaux d'égouts, les canalisations pour fils électriques, les canivaux en U et les couvercles;

Les panneaux légers en mortier de résine renforcé de tissus en fibre de verre, les panneaux muraux, les carrelages et panneaux de plancher;

les piliers;

les puits de service pour canalisation.

■ Les produits fabriqués sur place

les évacuateurs de crue de barrage;

les fondations d'édifices sur une source chaude;

le recouvrement de barrages de retenue d'eau.

■ Les puits de service pour canalisation («Manhole»)

Ce cas est un exemple typique où le béton de résine concurrence avantageusement le ciment à cause de ses propriétés supérieures.

La production de ce produit par la Nippon Telephone and Telegraph Public Corporation atteignait en 1977 plus du quart de la totalité des puits fabriqués par la compagnie jusqu'à cette date.

■ Nouveaux développements

La compagnie NTT est en train de développer un système de construction de tunnels en continu: la construction des murs progresse à mesure que le tunnel est percé. Ce système demande un béton de résine à haute résistance dont le temps de prise est très rapide.

Avantages du puits de service en béton de résine par rapport à son équivalent en béton de ciment

Propriétés:

bonne résistance à la fatigue;
aucune perte de résistance lors d'essais de vieillissement accéléré;
résistance aux produits chimiques contenus dans des eaux chaudes et souterraines.

Dimensions:

réduction des dimensions (épaisseur réduite de moitié);
réduction de la masse de 1/2 à 1/3.

Production:

temps de prise court.

Entreposage:

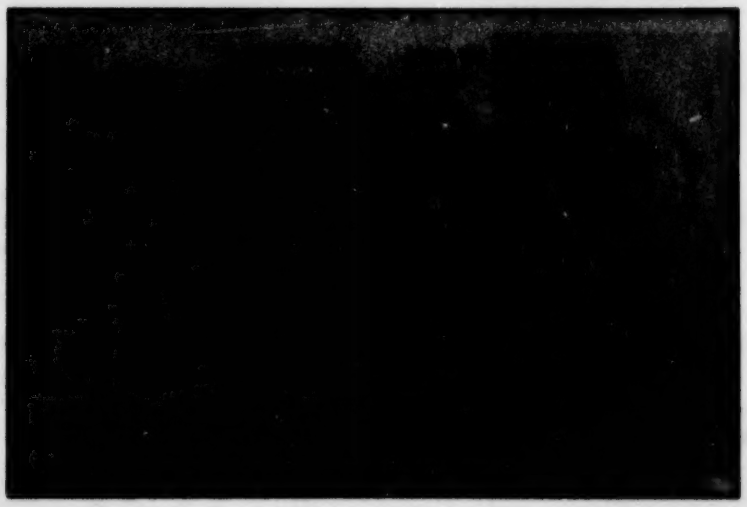
inventaire réduit en tout temps.

Transport:
coût inférieur de 25% à 33%.

Installation:
économie de 20% à 40% du temps lorsque la pièce est préfabriquée et de 75% lorsqu'elle est coulée sur place.

Figure 26
Puits de service («manhole») en béton de polyester fabriqué pour la «Nippon Telephone and Telegraph Public Corporation» (Japon).

Figure 27
Représentation schématique du système de construction de tunnels en continu (M-II).



Utilisations aux États-Unis

Les principales utilisations du béton de résine aux États-Unis se classent dans l'une ou l'autre des deux catégories suivantes:

réparation de ponts et de chaussées,
produits préfabriqués.

■ Réparation de ponts et de chaussées

À l'heure actuelle, c'est encore la forme la plus importante d'utilisation du béton de résine aux États-Unis, puisqu'on estime que plus de 100 000 ponts ont besoin d'être réparés.

Réparation des trous

L'utilisation du béton de résine pour la réparation des trous a donné jusqu'ici des résultats excellents et durables.

Des recherches sont en cours pour le compte de l'Armée de l'air pour développer un béton à prise rapide dans des conditions climatiques variées et rigoureuses avec des agrégats pouvant être humides. Ce béton est destiné à la réparation des pistes d'atterrissage endommagées lors de bombardements. Les résultats obtenus sont très encourageants: polymérisation en moins d'une heure, à −20°C, avec agrégats humides contenant jusqu'à 5% d'eau.

Revêtement de chaussées

Les revêtements de chaussées en béton de résine présentent beaucoup d'avantages:

bonne adhésion au ciment Portland;
faible épaisseur requise;
temps de durcissement très court.

Trois méthodes d'application de revêtements ont été développées en se basant sur l'utilisation de liants différents: le polyester-styrène, le polyester ou le vinyle-ester, le méthyl-méthacrylate.

■ Produits préfabriqués

L'industrie des produits préfabriqués est plus récente aux États-Unis. Aussi, est-elle moins développée et moins diversifiée.

Parmi les principales applications, on peut citer:

les panneaux de construction;

les carrelages résistant à la corrosion;

les canaux d'irrigation et d'écoulement des eaux;

les supports pour équipements électriques;

les bases de transformateur;

les conduits souterrains;

les panneaux et voûtes pour équipements électriques et téléphoniques;

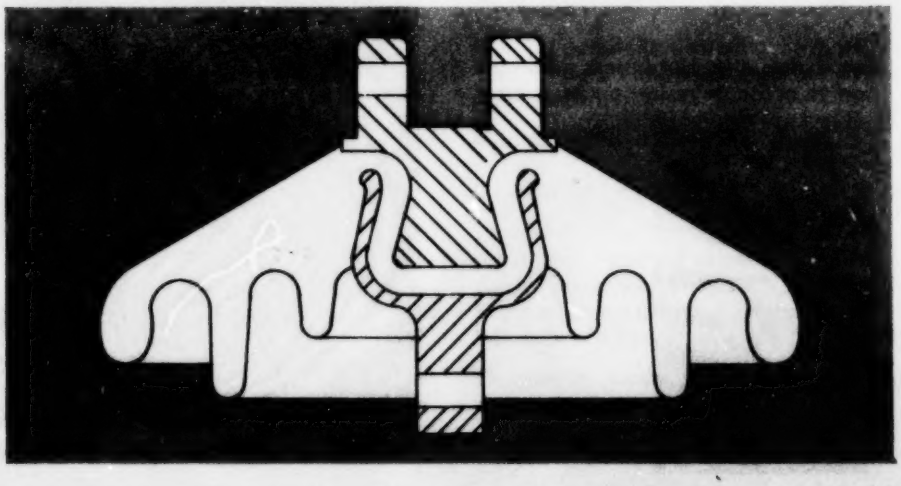
les pièces d'équipement pour l'entraînement physique telles que: poids, contrepoids, haltères.

■ Produits en cours de développement

Isolateurs électriques

Les isolateurs électriques en béton de résine ont été développés comme subs-

Figure 28
Dessin schématique d'un isolateur à suspension, dévoloppé par l'«Electric Power Research Institute» de Californie.



tituts aux isolateurs conventionnels en céramique.

Actuellement, 400 de ces isolateurs à haute tension sont en cours d'essais aux États-Unis et au Mexique. Les deux principaux organismes de recherche impliqués sont: l'Electric Power Research Institute (EPRI) des États-Unis et l'Institute de Investigations Electricas du Mexique.

Il y a lieu également de signaler le développement, par la Florida Power and Lights Company et l'EPRI de poteaux de transmission en béton de résine ne nécessitant pas d'isolateur en céramique et la mise à l'essai par la Bonneville Power Administration et l'EPRI d'une ligne souterraine de 230 kV où le conducteur électrique est simplement noyé dans une masse de béton de résine.

Applications géothermiques

Pour contenir les eaux salées de provenance géothermique, des tuyaux en béton de résine renforcés de fibre de verre par enroulement filamentaire ont été développés.

Ces tuyaux ont une performance comparable à leurs équivalents en acier et sont plus avantageux au niveau du coût.

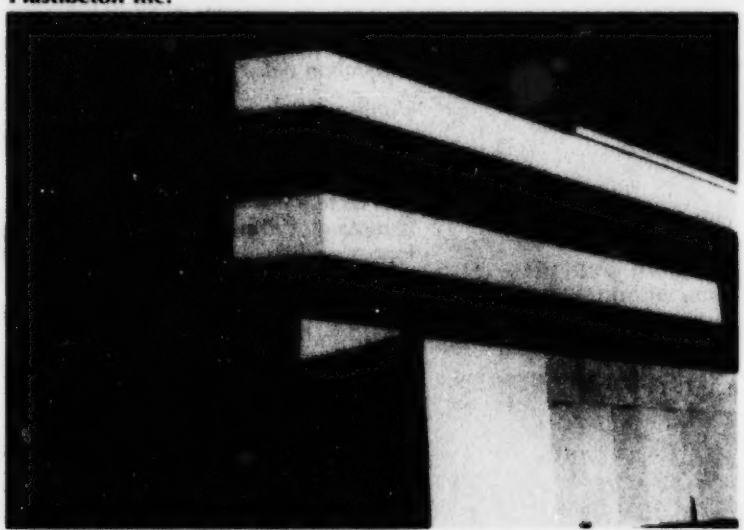
De plus, des bétons de résine ont été mis au point à partir de divers monomères pour servir de revêtements intérieurs à des tuyaux d'acier transportant des eaux chaudes pouvant atteindre jusqu'à 220°C. En outre, l'utilisation de silice et de ciment Portland comme agrégats a permis à ces tuyaux de résister à des températures de 240°C.

Figure 29
Installation d'un isolateur à haute tension en béton de résine aux États-Unis.

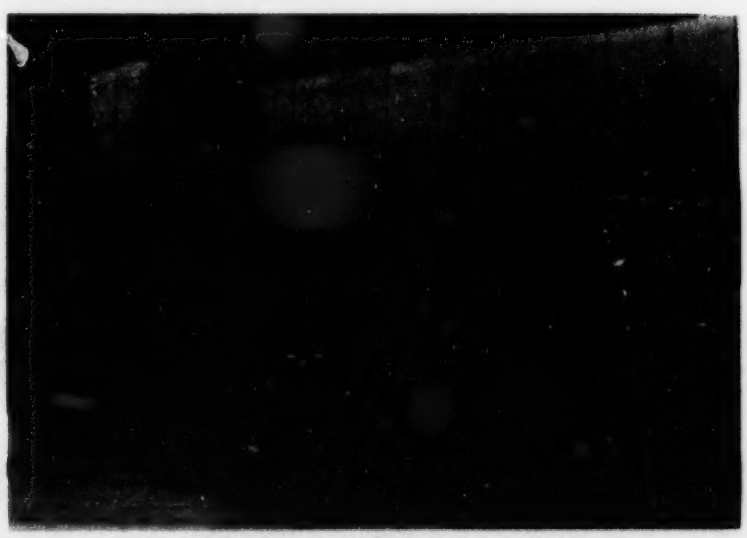
Utilisations au Canada

Du côté canadien, l'intérêt pour le béton de résine s'est développé principalement au Québec depuis 1972. En effet, la compagnie Plastibéton Inc. a amorcé différents projets au Québec, en Ontario et dans l'Ouest canadien. Depuis, d'autres l'ont imitée telles que les compagnies Francon et Janin Construction Ltée.

Figure 30
Panneaux architecturaux plans et courbés, fabriqués par la compagnie Plastibéton Inc.



Hôpital de Lanaudière, Joliette (1975).



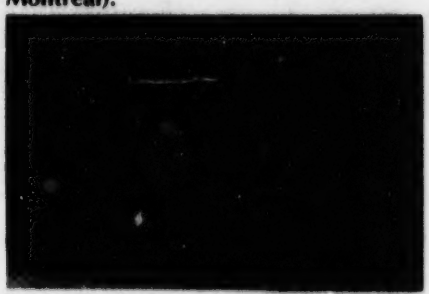
Poste de péage, Pont Georges Washington, New-York (1981)

Source: Documentation Plastibéton Inc., Montréal, Québec

Figure 31
Utilisation de panneaux en béton de résine – sandwich avec isolant incorporé. (École Bois-Joli à Sept-Îles, Québec).

Source: Documentation Janin Construction Ltée, Québec, Québec

Figure 32
Bancs et panneaux courbés en béton de polyester (Station Plamondon, Métro de Montréal).



Source: Documentation Janin Construction Ltée, Québec, Québec

Figure 33
Grille de ventilation (Station Villa-Maria, Métro de Montréal)

Source: Documentation Plastibéton Inc., Montréal, Québec

Les réalisations décrites ci-après ne constituent que quelques exemples de projets qui ont été accomplis avec succès au CANADA.

■ Panneaux de parement pour édifices publics

Il semble que la compagnie Plastibéton Inc. ait été la première au Canada à fabriquer des panneaux de parement en béton de résine.

Les premières réalisations commerciales datent de 1972: panneaux d'agrégats exposés, panneaux nervurés avec agrégats ou simplement colorés.

En 1980, la compagnie Janin Construction Ltée a fabriqué des panneaux isolants de type sandwich en béton de résine pour l'école Bois-Joli de Sept-Îles au Québec. L'isolant thermique a été noyé complètement dans la masse du béton et le panneau obtenu était à la fois isolant et léger.

■ Métro de Montréal

Trois stations du métro de Montréal (Station Plamondon, Station Snowdon et Station Villa-Maria) et une quatrième en cours de construction, utilisent des panneaux en béton de résine fabriqués par les compagnies Plastibéton Inc. et Janin Construction Ltée.

De plus, des éléments décoratifs, des bancs et des grilles de ventilation ont été produits pour ces mêmes stations de métro.

L'utilisation du béton de résine dans certaines stations de métro de Montréal s'avère intéressante à cause:

- de sa résistance au feu et de l'absence de dégagement de fumée toxique;
- de ses possibilités esthétiques (possibilités de produire des couleurs vives et variées);
- de sa facilité d'entretien.

■ Mobilier urbain

La ville de Montréal et la Communauté urbaine de Montréal ont fait fabriquer par les compagnies Plastibéton Inc. et Francon divers éléments décoratifs en béton de résine dont des bacs à fleurs.

De plus, la compagnie Plastibéton Inc. a réalisé pour l'aéroport de la Barbade

Figure 34
Éléments décoratifs en béton polymère (Station Villa-Maria, Métro de Montréal)

des bancs et des comptoirs en béton de résine.

■ Protection électrique

Des dalles préfabriquées en béton de résine ont été installées à la sortie des salles de cuves d'électrolyse d'une aluminerie comme mesure de protection contre les risques électriques.

Hydro-Québec utilise, quant à elle, des conduits pour câbles électriques en béton de résine.

■ Utilisation pour les autoroutes

Glissières de sécurité et bandes médianes

Le béton de résine a été choisi pour la fabrication de glissières de sécurité et de bandes médianes parce qu'il résiste bien à l'action corrosive du sel de déglaçage.

Depuis 1979, une glissière de sécurité a été mise à l'essai sur une longueur de 5 km, à Dorval, par le ministère des Transports du Québec. Il s'agit d'une glissière préfabriquée, en sections de

Figure 35
Panneaux muraux (Station Plamondon, Métro de Montréal).

Source: Documentation Janin Construction Ltée, Québec, Québec

Figure 36
Bac à fleur en béton de résine fabriqué par la compagnie Francon pour le Bureau de transport de la Communauté urbaine de Montréal.

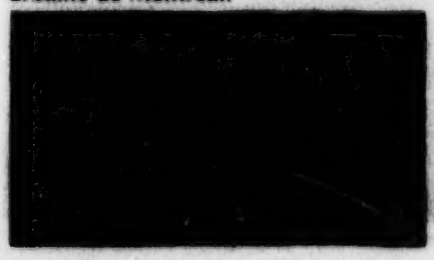
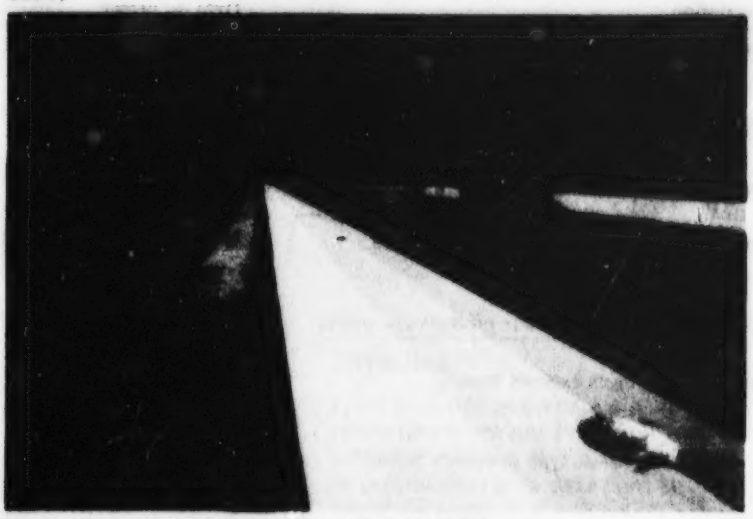
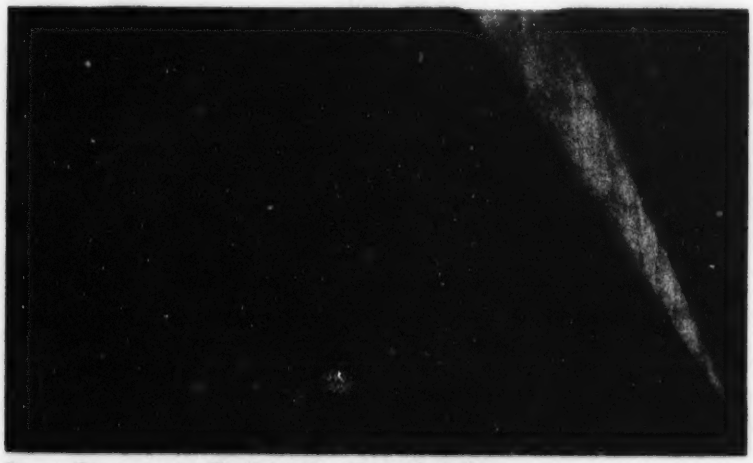


Figure 37
Bande centrale en béton de résine Boulevard Métropolitain, Montréal, 1979)



Source: Documentation Plastibéton Inc., Montréal, Québec

Figure 38
Panneaux courbés utilisés sur les surfaces latérales du Boulevard Métropolitain (Montréal, 1977).



Source: Documentation Plastibéton Inc., Montréal, Québec

Figure 39
Réparation de piliers de pont aux Îles-de-la-Madeleine, Québec.

Pilier endommagé avec une nouvelle armature fixée au béton en bon état.

Mise en place des panneaux de béton polymère utilisé, comme coffrages permanents.

Réparation complétée.

Source: Ministère des Transports du Québec

6,10 m (20 pieds), avec une enveloppe extérieure en béton de résine recouvrant un noyau en béton de ciment.

Panneaux de parement

La réfection de la structure de béton de la section élevée du boulevard Métropolitain à Montréal laissait voir des épaisseurs très inégales de béton. Pour préserver son aspect esthétique, des panneaux recourbés préfabriqués en béton de résine de 8,2 m (17 pieds) de longueur ont été installés sur le site.

Réparation de trous dans la chaussée

Pour la réparation des chaussées en béton, le ministère des Transports du Québec a développé un béton de résine assurant une bonne adhésion et un retrait minimum.

■ Protection contre l'abrasion et la corrosion des piliers de ponts

La compagnie Janin Construction Ltée a fabriqué en usine des panneaux en béton de résine qui ont servi de recouvrement extérieur pour les piliers d'un pont aux Îles-de-la-Madeleine (Québec).

Ces piliers de béton de ciment avaient été détériorés par l'action combinée de l'eau salée et de la glace. Les panneaux ont été installés autour des piliers endommagés pour former un coffrage permanent et du béton fut coulé par la suite entre les panneaux et les piliers.

Tableau 9
Exemples de projets réalisés par l'entreprise Plastibéton Inc. (Canada)

Projet	Description	Date du projet
Maison Robert rue Notre-Dame Montréal, Québec	Panneaux d'agrégats exposés beiges	Août 1972
Torbay Development Saint-Jean, Terre-Neuve	Balcons en panneaux d'agrégats exposés blancs	Novembre 1972
Résidence Dr P. Ricard 79 Laforêt, Répentigny	Panneaux nervurés de type sandwich bruns	Avril 1973
Caisse Populaire Laval-Centre 1599 boul. St-Martin Chomedey, Laval, Québec	Panneaux sculptés de type sandwich blancs	Novembre 1973
Alcan Cie Chicoutimi, P.Q,	Base de moteur résistante aux produits chimiques	Décembre 1973
Édifice Industriel Place Trans-Canada Longueuil, Québec	Panneaux d'agrégats exposés bruns	Janvier et Juillet 1974
Brasserie La Broue Inc. Lauzon, Québec	Panneaux nervurés de type sandwich bruns	Février 1974
Centre Médical de Lachine 3344 Notre-Dame Lachine, Québec	Panneaux nervurés et agrégats bruns	Novembre 1974
Centre d'Achats Jean-Talon 6868 Jean-Talon Montréal, Québec	Panneaux d'agrégats blancs	Mars 1975
Hôpital de Lanaudière Joliette, Québec	Panneaux d'agrégats blancs	Mai 1976
Bureau de Transports Métropolitain Stations de Métro Montréal, Québec	Mobilier intérieur et extérieur bleu et orange	Novembre 1976
Bureau de Transports Métropolitain Stations de Métro Montréal, Québec	Rails de métro en béton	Avril 1977
Appartements à l'Île-des-Soeurs, Montréal, Québec	Bancs et tables (fini agrégats exposés)	Juin 1977
Boulevard Métropolitain Montréal, Québec	63 000 pi. ca. de panneaux courbés 7' × 17' × 1" servant à couvrir les surfaces latérales de la voie élevée de l'autoroute	Octobre 1977
Centre de Données Fiscales Shawinigan-Sud, Québec	Panneaux en demi-lune servant à couvrir 250 colonnes intérieures en acier	Janvier 1978
Autoroute 220 Dorval, Québec	500 pi lin. de bande médiane type «New-Jersey» en longueurs de 20'	Juillet 1978
Boulevard Métropolitain Montréal, Québec	Prolongation des surfaces latérales de la voie élevée de l'autoroute, 100 000 pi ca. de panneaux courbés 7' × 17' × 1"	Octobre 1978
Stations de Métro Montréal, Québec	Fourniture de panneaux rouges de 3' × 6½' × ¼' avec ouvertures pour niches d'urgence	Octobre 1978
Station de Métro Villa-Maria Montréal, Québec	Mobilier en 5 couleurs, fini lisse, tel que: bancs, rondelles décoratives de 8' et 6' diam., grilles de ventilation de 5' × 7' × 7', panneaux pour carte de réseau, etc.	Avril 1979
Boulevard Métropolitain Montréal, Québec	3½ milles de bandes médianes type «New Jersey», en section de 20' de long	Novembre 1979
Aéroport International	Comptoirs, bancs, caniveaux, finitions et couleurs variés	Juin 1979

Béton imprégné de polymère*

Définition

C'est un matériau préparé à partir d'un béton de ciment que l'on imprègne, surtout en surface, d'un monomère qui se polymérise par la suite dans la masse du béton. L'imprégnation a pour effet de remplir de résine les pores vides dont est sillonné le béton dans toute sa masse. L'imprégnation se fait soit en profondeur soit, plus couramment, en surface et la résine, en se durcissant, améliore considérablement les propriétés du béton.

* Polymer Impregnated Concrete: PIC

Propriétés

Les propriétés mécaniques du béton imprégné dépendent du taux de remplissage des pores par le polymère et du type de polymère utilisé.

Cependant, le béton imprégné offre, en comparaison avec le béton de ciment, les avantages suivants:

amélioration importante de la résistance à la corrosion chimique et de la résistance au gel-dégel;

augmentation notable de la résistance en compression et en tension et de la résistance à l'impact et à l'abrasion.

Le béton imprégné est donc considéré comme un matériau ayant une haute résistance mécanique et une très bonne résistance à la dégradation. Cependant, la complexité et la lenteur du procédé de sa fabricaton, conjuguées avec le coût élevé des monomères, limitent son utilisation.

Tableau 10
Propriétés mécaniques types de béton imprégné (béton séché à 105°C pendant une nuit et polymérisé par radiation).

Polymère	% de polymère en poids	Résistance (MPa)			Module (10^4 MPa)	
		Compression	Tension	Flexion	Élasticité	Flexion
Non-imprégné	0	35	2	4	1,9	2,1
MMA	4,6 – 6,7	142	11	18	4,4	4,3
MMA + 10% TMPTMA	5,5 – 7,6	151	11	15	4,3	4,3
Styrène	4,2 – 6,0	99	8	16	4,4	4,4
Acrylonitrile	3,2 – 6,0	99	7	10	4,1	3,2
Chlorostyrène	4,9 – 6,9	113	8	17	3,9	4,4
10% Polyester + 90% Styrène	6,3 – 7,4	144	11	23	4,6	4,5
Chlorure de vinyle*	3,0 – 5,0	72	5	—	2,9	—
Chlorure de vinylidène*	1,5 – 2,8	47	3	—	2,1	—
t-Butyle styrène*	5,3 – 6,0	127	10	—	4,5	—
60% styrène + 40% MPTMA*	5,9 – 7,3	120	6	—	4,4	—

* Séché à 150°C pendant une nuit
Source:
J.T. Dikeou, «Development and Use of Polymer Concrete and Polymer Impregnated Concrete»; Progress in Concrete Technology, Éd. V.M. Malhotra, CANMET, Ottawa, 1980, p. 539-582.

Utilisations

■ Utilisations aux États-Unis

Protection des ponts et des structures

Aux États-Unis, l'imprégnation partielle du béton est utilisée pour la protection des ponts et des structures des édifices en béton de ciment.

On est actuellement à développer des méthodes d'imprégnation qui ne requièrent pas de chauffage pour le séchage de la matrice de béton ou pour la polymérisation du monomère.

Produits préfabriqués

Le béton imprégné est utilisé pour la fabrication des produits préfabriqués suivants:

- piliers de ponts;
- sections de tunnels;
- tuyaux et supports pour galeries de mines;
- traverses de chemin de fer;
- réservoirs de désalinisation d'eau;
- bordures de rue, etc.

■ Utilisation au Japon

On y utilise principalement le méthylméthacrylate (MMA) comme monomère. Seulement quelques compagnies fabriquent des produits en béton imprégné dont voici des exemples:

- bases de pompe pour usine d'acide sulfurique;
- cadres de fenêtres;
- panneaux de divers types;
- couvercles pour conduits de fils électriques;
- conduits de fils électriques;
- tuiles chauffantes;
- pavages;
- cylindres de flottaison pour plates-formes de forage, etc.

■ Utilisations au Canada

Les réalisations canadiennes faisant appel au béton imprégné sont plutôt limitées. Elles ont porté surtout sur les travaux de réparation de planchers, de barrages hydrauliques et de structures d'édifices.

Béton additionné de résine*

Définition

Le béton additionné de résine est un matériau obtenu par l'adjonction d'un monomère ou d'un polymère soluble et compatible à un mélange de béton de ciment Portland fraîchement préparé. La polymérisation se produit après la mise en place du béton.

Les principaux polymères utilisés pour ce genre de béton sont: les LATEX et l'ÉPOXY.

Les bétons additionnés de latex sont les plus anciennement connus puisque leur utilisation date déjà de 45 ans.

* Polymer Portland Cement Concrete PPCC ou Polymer Cement Concrete PPC

Propriétés

L'addition de résines au béton améliore ses qualités:

elle permet d'augmenter sa résistance mécanique et sa ductilité;

elle permet d'accroître ses propriétés adhésives et sa durabilité;

elle réduit la perméabilité du ciment et augmente sa résistance chimique;

elle procure un fluage SUPÉRIEUR à celui du béton de ciment;

elle procure un temps de prise plus court que dans le cas du béton de ciment non imprégné.

Utilisations

■ Utilisations aux États-Unis

Les utilisations les plus fréquentes du béton additionné de résine aux États-Unis sont orientées surtout vers la production de mortiers, de revêtements de planchers, de recouvrements de ponts et de chaussées et de composés pour la réparation des ouvrages en béton.

Le mortier de béton additionné de résine est utilisé pour la pose de carreaux en céramique à cause de ses propriétés adhésives. Quant aux revêtements de ponts et de routes, leur utilisation remonte déjà à plus de 20 ans. La durée de ces revêtements est estimée à environ 15 à 20 ans.

■ Utilisations au Japon

Au Japon, les premières utilisations du béton additionné de résine datent de 1953. Son utilisation y est plus répandue qu'ailleurs à cause de l'effort consacré par les Japonais à normaliser ses qualités et à diffuser les techniques d'utilisation de ce béton.

Il est utilisé actuellement comme matériau de construction, comme imperméabilisant, comme revêtement anti-corrosif et comme mortier adhésif.

■ Utilisations au Canada

Au Canada, ce béton est utilisé principalement pour des travaux de réparation.

Les bétons additionnés d'époxy sont utilisées surtout pour les réparations de structures tandis que les bétons additionnés de latex sont utilisés comme revêtements protecteurs ou dans des applications faisant appel à ses propriétés d'adhésion.

Marché potentiel des béton polymères

Il existe très peu de données qui permettent une évaluation significative du marché canadien de produits en béton polymère.

Cependant, on possède certains éléments qui permettent de prévoir le développement du marché potentiel relié à quelques utilisations types, en cours ou à venir. Le tableau 11 en présente une synthèse.

Tableau 11
Exemples de marchés potentiels de quelques utilisations des trois types de bétons polymères

Utilisations types	Produits	État du marché	État d'avancement et pays d'origine
Réparation (ponts, routes, etc.)	• Béton et mortier (PC, PIC, PPCC) • Bordures de rue (PC et PIC)	• Environ 100 M$ annuellement • Marché estimé en 1979 à 9 M$ dont 2,2 M$ pour le Québec. De cette production 1,5 M$ provient de bordures en granite que le béton de résine peut remplacer	• Déjà en application au Canada depuis quelque temps • Pas de données recueillies encore sur la durée de vie
Produits industriels	• Cuve d'électrolyse (PC) • Dalles, colonnes, fondation d'équipements (PC) • Tuyaux collecteurs (PC) • Réservoirs (PC) • Puits de service (PC) • Canivaux de surface pour câbles de contrôle (PC) • Panneaux latéraux (PC) • Bande médiane (PC)	• Permet la suppression de divers types de revêtements protecteurs (plomb, graphite, etc.) • 16 500 m pour Hydro-Québec	Application en URSS • Application au Japon • Fabriqués au Québec par Plastibéton Inc. • Application au Québec boulevard Métropolitain
Construction et décoration	• Panneaux de parement (murs, rideaux) (PC) • Salles de bain (PC) • Capteurs solaires passifs (PC) • Marbre synthétique (PC)	• Production canadienne en 1979 estimée à 96 M$ dont 20 M$ au Québec (incluant 6 M$ de panneaux de granite) • Marché intéressant à être développé • Marché canadien annuel de 5 à 8 Mkg de résines thermodurcissables • Marché d'environ 140 Mkg de résines thermodurcissables prévu pour 1987 aux États-Unis	• Application au Canada • Application au Canada par une soixantaine de fabricants

Tableau 11
Exemples de marchés potentiels de quelques utilisations des trois types de bétons polymères (suite)

Construction et décoration (suite)	• Carrelages, dalles pour usages extérieur et intérieur (PC)	• Consommation prévue en augmentation au Canada et en Amérique du Nord • Peut concurrencer carrelages en céramique • Possibilité de marché intéressante • Peut concurrencer les produits existants en PVC	• Pas encore fabriqués au Canada
	• Canalisation, tuyaux (PC)		• Déjà en application au Canada
Matériel sportif	• Contrepoids et haltères (PC)	• Remplace avantageusement la fonte et l'acier	• Fabriqués aux États-Unis
Produits électriques	• Isolateurs électriques (PC)	• Marché d'importation pour le Canada de: 14 M$ en 1980 23 M$ en 1981 auquel il faut ajouter la production canadienne	• En cours de développement aux États-Unis
	• Conduits de fils de haute tension (PC)	• Marché à être développé	• En cours d'essai

Sommaire des propriétés comparées des bétons polymères et du béton de ciment

Tableau 12
Propriétés comparatives des bétons polymères par rapport au béton de ciment

	Béton de résine PC	Béton imprégné de polymère PIC	Béton additionné de résine PPCC
Avantages			
Propriétés mécaniques:			
• Résistance en tension et en compression	• Accrue de 4 à 5 fois	• Quadruplée	• Doublée
• Résistance au fluage		• Accrue	
Propriétés physiques:			• Excellente
• Résistance aux impacts			
• Résistance à l'abrasion	• Élevée	• Améliorée de 2 à 5 fois	• Accrue
• Résistance au gel-dégel	• Exceptionnelle	• Fortement accrue	• Accrue
• Imperméabilité	• Complète	• Presque complète (taux d'absorption de l'eau de 1% à 2%)	• Accrue
• Coefficient d'absorption des vibrations	• Très bon		
• Propriété adhésive	• Bonne		• Bonne
• Propriété diélectrique	• Bonne		
• Propriété esthétique	• Supérieure au niveau de fini de surface et des couleurs		
• Entretien et nettoyage	• Très grande facilité		
Propriétés chimiques:			
• Résistance à la corrosion des produits chimiques	• Exceptionnelle	• Accrue de 2 à 5 fois	• Accrue de 1 à 6 fois
Technique de fabrication:			
• Temps de prise	• Très rapide et ajustable (de quelques minutes à quelques heures)		• Rapide avec résine Époxy
• Facilité de moulage	• Élevée — Permet des formes diverses avec ou sans pièces d'attaches		
Inconvénients			
Propriétés mécaniques:			
• Fluage	• Important à température moyenne (100°C et plus) à cause des liants		• Dans l'ensemble inférieure au PIC et PC
Propriétés physiques:			
• Porosité			• Demeure poreux limitant ainsi la résistance

Tableau 12
Propriétés comparatives des bétons polymères par rapport au béton de ciment (suite)

Inconvénients (suite)			
Technique de fabrication: • Complexité		• Assez complexe • Nécessité de séchage rend la production sur site plus difficile et coûteuse	
Coût de production:	• Plus élevé	• Plus élevé	• Variable — Cependant plus élevé
Applications types			
Réparation des ouvrages en béton	• Édifices, routes, ponts, ouvrages hydrauliques	• Structures d'édifices, édifices, routes, ponts, ouvrages hydrauliques	• Édifices, routes, ponts, ouvrages hydrauliques
Revêtement protecteur	• Ponts, chaussées, édifices et surfaces soumises aux agents corrosifs	• Ponts, chaussées, édifices et surfaces soumises aux agents corrosifs	• Ponts et chaussées, édifices, planchers industriels
Préfabriqués	• Panneaux de parement • Mobiliers extérieurs • Canalisation • Isolateur électrique • Réservoirs • Marbre synthétique • Carrelage, tuiles • Puits de service • Contrepoids • Bâtis de machine • Produits de remplacement pour la céramique, pierre, acier, plastique, etc.	• Piliers de ponts • Piliers de support pour galeries de mines • Traverses de chemin de fer • Canalisations • Réservoirs • Bordures de rues • Conduits de fils électriques • Pavage, etc.	

Le béton de résine est un produit nouveau qui offre des possibilités accrues susceptibles d'intéresser une gamme variée d'utilisateurs potentiels (concepteurs, ingénieurs, architectes. . .). Ses propriétés, qui se situent entre celles du plastique et du béton de ciment, lui permettent de concurrencer des matériaux aussi variés que le plastique, le bois, le granite, le marbre, la céramique et même la fonte ou l'acier. Ses caractéristiques uniques ouvrent de nouveaux marchés où ses propriétés particulières seront pleinement mises en valeur.

Le coût de production reste un facteur déterminant pour la percée de ces nouveaux marchés. À l'heure actuelle, il paraît élevé lorsqu'on le compare à d'autres matériaux. Cependant, cette constatation demeure quelque peu arbitraire si on ne tient pas compte des bénéfices que l'on peut retirer à long terme compte tenu des propriétés exceptionnelles de résistance et de durabilité de ce matériau. L'augmentation du coût devrait donc être appréciée en fonction des avantages et des intérêts que présente le matériau pour certaines applications spécifiques, tout en tenant compte des économies qui pourront être réalisées en termes de «coûts de remplacement» à cause de la durée remarquable des produits en béton de résine. Du reste, ce coût peut être considérablement réduit, dans le cas d'une production en continu, par l'utilisation d'équipements automatisés. Dans ce cas, l'expérience démontre qu'il est possible d'abaisser le prix de revient des produits de béton de résine à une fois et demie ou deux fois celui des produits comparables en béton de ciment.

En raison des conditions climatiques que nous connaissons au Canada, il ne fait pas de doute que les bétons polymères et tout particulièrement le béton de résine présentent beaucoup d'intérêt. Même si le marché de certains produits reste difficile à évaluer, il n'en demeure pas moins que, globalement, il s'agit d'un nouveau marché dont l'expansion dépend de l'intérêt que peut susciter ce matériau face à ses innombrables qualités et possibilités d'application.

Le Canada compte actuellement déjà quelques réalisations commerciales intéressantes dans le domaine des bétons de résine. D'autres vont s'ajouter au fur et à mesure que de nouvelles utilisations seront mises au point ou appliquées. Au Québec, le Centre de recherche industrielle du Québec (CRIQ), fort de l'expérience de plusieurs années déjà de recherche et de développement sur le béton de résine, dispose de l'expertise nécessaire pour conseiller et aider les entreprises à tirer profit des avantages de ce nouveau matériau.

Des copies additionnelles de ce rapport synthèse peuvent être obtenues en s'adressant à l'une des deux adresses suivantes:

Centre de recherche
industrielle du Québec
333, rue Franquet
C.P. 9038, Sainte-Foy (QC)
G1V 4C7
Tél.: (418) 659-1550

Ministère de l'Industrie,
du Commerce et du Tourisme
Direction générale de l'Industrie
Service des produits du bâtiment
710, Place d'Youville
Québec (QC)
G1R 4Y4
Tél.: (418) 643-3036

Bulletin-Réponse

Retourner à:
Centre de recherche
industrielle du Québec
a/s M. Michel Do
333, rue Franquet
C.P. 9038
Sainte-Foy (Québec)
G1V 4C7
Tél.: (418) 659-1550

Le CRIQ invite les lecteurs à répondre aux questions suivantes et à lui faire part de suggestions sur des sujets relatifs aux bétons de résine qu'ils souhaiteraient voir traités en remplissant le bulletin-réponse qui suit.

1 Avant de lire le présent document, aviez-vous déjà des connaissances sur le **BÉTON DE RÉSINE?** OUI ☐ NON ☐
— En lisant de la documentation ☐
— En étudiant la possibilité d'utiliser le béton de résine ☐
— En ayant déjà utilisé le béton de résine

2 La lecture de ce document suscite-t-elle chez vous un certain intérêt pour le béton de résine?

OUI ☐
Mais vous aimeriez en connaître davantage ☐
Vous envisageriez de l'utiliser éventuellement ☐

NON ☐
Vous n'êtes pas convaincu des avantages du matériau ☐
Le matériau ne vous intéresse pas ☐

3 Je souhaiterais voir traités avec plus de détails les aspects suivants:

Domaines	Produits	Information désirée			
		Normes	Fabrication	Coût et Performance	Autre
Produits architecturaux	— Paneaux de parement ☐	☐	☐	☐	_____
	— Systèmes de fixation ☐	☐	☐	☐	_____
	— Finis décoratifs ☐	☐	☐	☐	_____
	— Autres: _____	☐	☐	☐	_____
	_____	☐	☐	☐	_____
	_____	☐	☐	☐	_____
Travaux publics	— Produits de réparation ☐	☐	☐	☐	_____
	— Autres: _____	☐	☐	☐	_____
	_____	☐	☐	☐	_____
	_____	☐	☐	☐	_____
Produits préfabriqués (Résistant à la corrosion)	— Cuves à électrolyse ☐	☐	☐	☐	_____
	— Mobilier extérieur ☐	☐	☐	☐	_____
	— Lavabos, baignoires et accessoires de salle de bain ☐	☐	☐	☐	_____
	— Autres: _____	☐	☐	☐	_____
	_____	☐	☐	☐	_____

Identification du demandeur

Nom:_____ **Ville:**_____

Adresse:_____

Code postal:_____ **Province:**_____ **Téléphone**_____

Bon de commande

Je souhaiterais recevoir l'étude intégrale sur les bétons polymères intitulée: **«Les bétons polymères évaluation technico-économique»**

Nombre de copies de la version française ☐
Nombre de copies de la version anglaise ☐

Nom: _____

Adresses: _____

Ville: _____ Code postal: _____ Province: _____

Téléphone: _____

TIMBRE

M. John Prinsen
Institut de génie
des matériaux (IGM)
75, boulevard de Mortagne
Boucherville (Québec)
J4B 6Y4